

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
MINISTÈRE
DE L'INDUSTRIE ET DU COMMERCE
SERVICE
de la PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

BREVET D'INVENTION

Gr. 12. — Cl. 5.

Classification internationale



N° 1.145.328

B 65 g — G 05 f

Dispositif d'équilibrage pour installation mécanique entraînée par au moins deux moteurs électriques par l'intermédiaire de variateurs de vitesse associés à chaque moteur. (Invention : André BLANCPAIN.)

Société anonyme dite : COMPAGNIE GÉNÉRALE D'ÉLECTRICITÉ résidant en France (Seine).

Demandé le 11 janvier 1956, à 15^h 40^m, à Paris.

Délivré le 6 mai 1957. — Publié le 24 octobre 1957.

(Brevet d'invention dont la délivrance a été ajournée en exécution de l'article 11, § 7, de la loi du 5 juillet 1844 modifiée par la loi du 7 avril 1902.)

La présente invention a pour objet un dispositif pour équilibrer la charge entre les moteurs d'une installation mécanique entraînée par au moins deux moteurs électriques par l'intermédiaire de variateurs mécaniques de vitesse associés à chaque moteur.

Elle s'applique plus particulièrement, quoique non exclusivement, aux convoyeurs à chaîne qui, en raison de leur grande longueur ou de leur tracé compliqué, doivent être entraînés par deux ou plusieurs groupes de commande éloignés les uns des autres, constitués chacun par un moteur asynchrone, un variateur mécanique de vitesse, et un dispositif d'entraînement de la chaîne; dans le cas où une telle installation comporte deux groupes moteurs, ceux-ci sont disposés en deux points opposés de la chaîne, de façon à mieux répartir les efforts de traction sur cette dernière.

Les variateurs mécaniques de vitesse de chaque groupe sont généralement commandés par des volants à manœuvre manuelle, qui doivent être actionnés lorsque le convoyeur est en marche. Les changements de position de tous les variateurs doivent être effectués simultanément, sinon les efforts de traction aux divers points d'entraînement du convoyeur ne sont pas égaux, et les moteurs sont inégalement chargés. Généralement, on utilise plusieurs opérateurs qui manœuvrent chacun un volant, en essayant de synchroniser leurs mouvements, mais ce procédé est évidemment d'une application très mal commode, surtout lorsque les opérateurs ne peuvent pas se voir.

Le dispositif selon la présente invention, qui permet d'éviter ces inconvénients, est caractérisé par le fait qu'il comporte d'une part un groupe pilote comportant un variateur de vitesse à commande manuelle, et d'autre part un certain nom-

bre de groupes asservis, dont les variateurs de vitesse sont commandés chacun par un servo-moteur qui, suivant le signe de la différence entre une tension proportionnelle à l'intensité du courant absorbé par le moteur dudit groupe et une tension proportionnelle à l'intensité du courant absorbé par le moteur du groupe pilote, modifie le réglage du variateur de vitesse du groupe asservi jusqu'à ce que lesdites tensions soient égales.

De préférence, la vitesse du servo-moteur est choisie de façon que l'arbre de commande du variateur asservi soit entraîné à une vitesse légèrement supérieure à la vitesse avec laquelle est normalement manœuvré le volant du variateur pilote ainsi, lorsqu'on manœuvre le variateur pilote d'une manière continue, le variateur asservi suit par bonds.

On a songé à commander le servo-moteur par un dispositif d'asservissement en position; on pourrait à cet effet disposer sur l'arbre du variateur pilote et sur celui du variateur asservi les éléments d'un organe connu sous le nom de synchro-détecteur; lorsqu'il se produit un décalage angulaire entre les deux arbres, le synchro-détecteur fournit une tension proportionnelle au sinus de l'angle de décalage, et cette tension peut être utilisée pour commander le servo-moteur de manière à annuler ledit décalage. Toutefois, ce procédé présente en pratique des inconvénients, parce que la relation entre la position angulaire de l'arbre de commande et le rapport des vitesses d'un variateur présente forcément une légère tolérance, de sorte que, pour deux positions homologues des arbres de commande, les rapports de vitesse des deux variateurs peuvent être légèrement différents. Cette légère différence de rapport peut provoquer une différence notable de charge des deux moteurs; en effet, aux

alentours de la marche normale, la puissance fournie par un moteur asynchrone est sensiblement proportionnelle au glissement g ; elle varie donc rapidement pour une faible variation de vitesse du moteur: par exemple, pour un glissement nominal $g_0 = 5\%$, une variation de vitesse de 1% , soit une variation de 20% sur le glissement, donne une variation de puissance de 20% .

Dans le dispositif selon l'invention, au contraire, le servo-moteur du variateur asservi agit pour provoquer l'annulation de l'écart éventuel entre les puissances fournies par les deux moteurs. Ce dispositif fonctionne selon le principe suivant: il importe avant tout d'obtenir que les efforts de traction T_1 et T_2 sur la chaîne aux deux points d'entraînement soient égaux. Or comme la chaîne a la même vitesse V en tous ses points, la puissance qu'elle absorbe, qui est le produit de l'effort de traction par la vitesse, est la même aux deux points d'entraînement si les efforts de traction T_1 et T_2 sont égaux. Comme, pour une même puissance fournie à la chaîne, les rendements des deux ensembles moteurs-variateurs sont pratiquement égaux, les puissances qu'ils absorbent sur le réseau sont égales. A ce moment, les deux moteurs, qui par ailleurs sont identiques, sont dans des conditions de fonctionnement identiques, et s'ils sont alimentés sous la même tension, ou sous des tensions très voisines, comme c'est le plus souvent le cas, les intensités dans une phase de chacun d'eux sont pratiquement égales. Il suffit donc de comparer en permanence les intensités dans une phase de chacun des moteurs, et de commander le servo-moteur asservi pour provoquer l'annulation de l'écart entre ces deux intensités.

La figure ci-annexée représente à titre d'exemple le schéma d'un dispositif conforme à l'invention.

Dans cette figure, le premier groupe de commande comprend un moteur asynchrone 1, connecté à un réseau triphasé Ph_1, Ph_2, Ph_3 par l'intermédiaire d'un contacteur 50, un variateur de vitesse 2 avec son volant de commande manuelle 3, et un dispositif d'entraînement de la chaîne.

Le second groupe de commande comporte un moteur 5, un contacteur 51, un variateur de vitesse 6, un servo-moteur 7, et un dispositif 8 d'entraînement de la chaîne.

Sur l'un des fils d'alimentation du moteur 1, par exemple Ph_3 , est connecté un transformateur 9 qui fournit une tension alternative proportionnelle à l'intensité du courant dans ladite phase. Cette tension est redressée par un redresseur 10 et filtrée par un filtre 11; la tension continue obtenue est elle-même proportionnelle à l'intensité du courant alternatif dans la phase 3 du moteur: elle est appliquée aux bornes a et b d'un potentiomètre 12.

Pour l'autre groupe, le montage est identique. et comporte un transformateur 13, un redresseur

14, un filtre 15 et un potentiomètre 16 aux bornes a et c duquel on recueille une tension continue proportionnelle à l'intensité dans la phase 3 du moteur 5.

Entre une borne extrême a et le curseur d du potentiomètre 12 d'une part, et entre la borne a et le curseur e du potentiomètre 16 d'autre part, on recueille deux tensions que l'on rend égales, par la manœuvre des curseurs, lorsque les intensités des courants d'alimentation des deux moteurs sont égales.

L'écart éventuel de tension entre les points d et e est ensuite amplifié au moyen du dispositif suivant: une source de tension 17 alimente deux triodes 18 et 19, dans les circuits anodiques desquelles sont connectées respectivement deux résistances égales 20 et 21 et dont les circuits de cathode comportent une résistance commune 22. La grille de la triode 18 est au potentiel V_e du point e , et la grille de la triode 19 est au potentiel V_d du point d , à travers une résistance de protection de grille 47, le point e étant connecté au pôle négatif de la source 17. Lorsque les deux moteurs absorbent la même intensité de courant, les grilles de 18 et 19 sont au même potentiel, les intensités dans les triodes sont égales, les chutes de tension dans les résistances d'anodes sont égales, et les anodes f et g sont au même potentiel $V_f = V_g$. Si le moteur 1 absorbe une intensité supérieure à celle du moteur 5, V_d est positif par rapport à V_e , la chute de tension dans 21 est supérieure à celle dans 20 et V_g est négatif par rapport à V_f .

D'autre part, les anodes f et g sont connectées respectivement aux extrémités de deux résistances égales 23 et 24 ayant un point commun h . Les points f et g sont donc des potentiels égaux et opposés par rapport au point h .

Une source de tension continue 25 est par ailleurs connectée à un potentiomètre 26 dont le curseur est connecté au point h , et dont une extrémité k est connectée aux cathodes de deux thyatron 27 et 28, dont les grilles sont connectées respectivement aux points f et g et ont des potentiels répartis également autour du potentiel du point h , lui-même négatif par rapport au point k des cathodes des thyatron. Les thyatron sont alimentés par une source commune 31 de tension alternative qui peut être constituée d'ailleurs par deux des fils de phase Ph_1, Ph_2, Ph_3 , et ils comportent dans leurs circuits anodiques des relais 29 et 30.

Lorsque les intensités du courant absorbé par les deux moteurs sont égales, $V_f - V_g$ est nul, les potentiels de f, g et h sont confondus, et les grilles de 27 et 28 sont toutes les deux à un potentiel négatif V_h : au moyen de 26, on règle ce potentiel V_h de telle manière que les deux thyatron soient bloqués; on donne à cet effet à V_h une

valeur $-x - y$ volts, $-x$ étant la tension critique de grille provoquant l'amorçage des thyratrons pour la tension anodique 31 utilisée.

Cette opération de réglage préalable étant effectuée, et les intensités de courant dans les transformateurs 9 et 13 étant égales, si l'on veut accélérer l'ensemble de la chaîne, l'opérateur du variateur 2 actionne le volant 3 dans le sens « plus vite », le rapport de vitesse augmente, et le moteur 1, ayant tendance à glisser davantage, est plus chargé; si les choses en restaient là, la vitesse de la chaîne ayant le temps d'augmenter légèrement en tous ses points, et le rapport de vitesse du variateur 6 n'ayant pas changé, le moteur 5 glisserait moins et serait moins chargé que précédemment. En fait, le moteur 1 étant plus chargé, la tension V_a-V_d est supérieure à la tension V_a-V_e , et V_g est négatif par rapport à v_f . L'écart de tension V_f-V_g étant égal à z volts, le potentiel V_g-V_k est égal à :

$$-x - y - \frac{z}{2} \text{ volts,}$$

et V_f-V_k est égal à :

$$-x - y + \frac{z}{2} \text{ volts.}$$

Pour un certain écart des intensités dans 9 et 13, $z/2$ devient supérieur à y , le thyatron 27 s'amorce, et le relais 29 est excité. Si l'écart avait été dans l'autre sens, c'est le relais 30 qui aurait été excité. La valeur amplifiée 30 de l'écart de tension V_f-V_g pour laquelle l'un ou l'autre relais s'excite est réglable au moyen du potentiomètre 26, puisque $z_0 = 2y$.

Lorsque le relais 29 s'excite, son contact 32 provoque le fonctionnement d'un contacteur 33; dans l'autre cas, le relais 30, par son contact à fermeture 34, aurait provoqué la fermeture d'un contacteur 35.

Le dispositif comporte d'autre part une source de tension 36 qui alimente le servo-moteur 7; celui-ci est un moteur à courant continu, alimenté par l'induit, et son circuit d'excitation n'est pas représenté; il peut être à excitation séparée ou à aimant permanent. Le contacteur 33, par ses contacts 41 et 42, connecte l'induit du servo-moteur 7 à la source 36, la borne M étant au pôle positif, et la borne N au pôle négatif.

Le servo-moteur entraîne l'arbre de commande du variateur 6, par l'intermédiaire d'un réducteur, dans le sens d'un accroissement de vitesse de 8. La charge du moteur 5 augmente et s'approche de celle du moteur 1. Lorsque la différence des tensions V_f et V_g devient inférieure à $2y$, le relais 29 et le contacteur 33 reviennent au repos. A ce moment, l'induit MN du servo-moteur 7 est séparé de la source 36, et il est mis en court-circuit par les contacts de repos 45 et 46 des contacteurs 33

et 35. Cette mise en court-circuit est destinée à freiner très énergiquement le servo-moteur 7 lorsqu'il n'est plus alimenté, c'est-à-dire lorsque l'écart des intensités absorbées par les deux moteurs principaux est presque nul. Grâce à cette disposition ainsi qu'à l'existence d'une tension commune V_h-V_k de blocage des grilles des thyratrons 27 et 28, on obtient une zone neutre pour le fonctionnement des relais 29 et 30, ce qui élimine le risque d'auto-oscillation de l'ensemble du dispositif.

Le fonctionnement qui vient d'être décrit se rapporte à l'accélération de la chaîne; il serait analogue pour son ralentissement, les organes qui interviennent alors étant le thyatron 28, le relais 30 et son contact 34, le contacteur 35 et ses contacts 43, 44 et 46, le servo-moteur 7 étant cette fois connecté avec sa borne M au pôle négatif de la source 36 et sa borne N au pôle positif.

Pour que le variateur asservi puisse suivre le variateur pilote, on donne au servo-moteur une vitesse de régime telle que la vitesse de l'arbre d'entrée du variateur asservi soit supérieure à celle de manœuvre du volant du variateur pilote. Ainsi, au cours d'une manœuvre de changement de vitesse en marche, l'opérateur actionne généralement le volant d'une manière continue, et le servo-moteur suit par bonds, en maintenant les intensités des deux moteurs pratiquement égales.

Les diverses sources de courant 17, 25, 31 et 36 doivent être rigoureusement indépendantes les unes des autres: on peut réaliser cette indépendance en constituant lesdites sources à partir de transformateurs séparés alimentés par le réseau $Ph_1-Ph_2-Ph_3$.

Les deux moteurs de la chaîne doivent être commandés en même temps. En particulier, ils démarrent en même temps. Pendant le démarrage, les inégalités possibles des courants de démarrage pourraient affecter le servo-moteur. Pour éviter cet inconvénient, on fait en sorte que les transformateurs 9 et 13 soient saturés pour une valeur assez peu supérieure à l'intensité nominale.

En cours de fonctionnement stable à une vitesse de régime bien déterminée, il peut se produire dans les circuits d'alimentation des deux moteurs des fluctuations rapides d'intensité qui ne doivent pas provoquer le fonctionnement du servo-moteur; ces fluctuations rapides peuvent être rendues sans effet par un réglage convenable des constantes de temps des filtres 11 et 15.

Le dispositif qui vient d'être décrit à titre d'exemple concerne un dispositif à deux groupes de commande, comportant des moteurs de même puissance alimentés sous la même tension.

Toutefois, ce dispositif peut, sans sortir du cadre de l'invention, s'appliquer aux cas suivants :

1° Lorsque l'installation mécanique comporte plusieurs variateurs asservis à un seul variateur

pilote, chaque variateur asservi étant commandé par un servo-moteur particulier;

2° Lorsque les moteurs ont des puissances différentes, dans le cas par exemple où l'on désirerait qu'un groupe de commande asservi fournisse une puissance d'appoint inférieure à celle du groupe pilote. Le dispositif agit alors de manière que les intensités dans les deux moteurs gardent entre elles un rapport constant.

Il suffit à cet effet que l'on prenne, sur les potentiomètres 12 et 16, sur les tensions totales $V_a - V_b$ et $V_a - V_c$, des fractions $V_a - V_d$ et $V_a - V_e$ qui soient entre elles dans le rapport inverse de celui des puissances nominales des moteurs. Par exemple, si le moteur 1 a la puissance nominale $2P$, et le moteur 5 la puissance nominale P , lorsque les deux moteurs sont également chargés, on a $V_b - V_a = 2(V_c - V_a)$. Il suffit de prendre $V_d - V_a = \frac{V_b - V_a}{2k}$ et $V_e - V_a = \frac{V_c - V_a}{k}$ pour avoir $V_d - V_a = V_e - V_a$, ce qui réalise l'équilibre du servo-moteur;

3° Lorsque les moteurs sont alimentés sous des tensions différentes, on prend alors sur les potentiomètres 12 et 16 des fractions de la tension totale qui sont entre elles dans le rapport direct des tensions d'alimentations des moteurs.

Le dispositif selon l'invention permet d'asservir des variateurs de constitutions mécaniques différentes, en particulier qui n'ont pas la même relation entre la position angulaire de l'arbre de commande et le rapport de vitesses.

Enfin, il est clair que le dispositif selon l'invention est applicable à la commande d'un ensemble mécanique quelconque autre qu'une chaîne de manutention.

RÉSUMÉ

Dispositif permettant de maintenir à une valeur prédéterminée constante le rapport des puissances absorbées par plusieurs moteurs électriques entraînant un même engin mécanique par l'intermédiaire de variateurs de vitesse associés à chaque moteur, présentant, isolément ou en combinaison, les caractéristiques suivantes :

1° L'un des groupes moteur-variateur de vitesse, dit groupe pilote, comporte un variateur de vitesse à commande manuelle, tandis que le variateur de vitesse de chacun des autres groupes est entraîné par un servo-moteur commandé par un système d'asservissement établi de façon que, selon le signe de la différence entre une tension proportionnelle à l'intensité du courant absorbé par le moteur dudit groupe, et une tension proportionnelle à l'intensité du courant absorbé par le moteur du groupe pilote, le servo-moteur entraîne le variateur de vitesse dans un sens ou dans l'autre jusqu'à ce que lesdites tensions soient égales;

2° Le servo-moteur est réglé de façon que l'arbre de commande du variateur de vitesse correspondant soit entraîné à une vitesse légèrement supérieure à la vitesse normale de manœuvre du variateur de vitesse à commande manuelle du groupe pilote;

3° Il comporte deux transformateurs connectés chacun en série dans le circuit d'alimentation d'un des moteurs, deux ensembles redresseur-filtre connectés chacun à l'enroulement secondaire d'un des transformateurs, et deux potentiomètres connectés chacun à la sortie d'un desdits ensembles redresseur-filtre, une paire de triodes dont les grilles sont reliées respectivement aux curseurs des deux potentiomètres, et dont les circuits anode-cathode sont alimentés par une première source auxiliaire de tension continue, une seconde source de tension continue shuntée par un troisième potentiomètre dont le curseur est connecté au point milieu de deux résistances dont les extrémités sont connectées respectivement aux anodes des deux triodes, une paire de thyatronns ayant leurs grilles connectées respectivement aux anodes des deux triodes, leurs cathodes connectées au pôle positif de la seconde source auxiliaire de tension continue, et leurs circuits anodiques alimentés, par l'intermédiaire d'une paire de relais, par une source auxiliaire de tension alternative, deux contacteurs alimentés chacun par ladite source auxiliaire de tension alternative par l'intermédiaire d'un contact de travail d'un des relais, une troisième source auxiliaire de tension continue alimentant un servo-moteur de commande du variateur de vitesse asservi, par l'intermédiaire de contacts des deux contacteurs, disposés de telle sorte que le servo-moteur est alimenté sous une certaine polarité lorsque l'un des contacteurs est excité, et sous la polarité opposée lorsque l'autre contacteur est excité, et qu'il est mis en court-circuit lorsque aucun des contacteurs n'est excité;

4° En vue de réaliser l'équilibrage des puissances entre deux groupes comportant des moteurs de même puissance nominale alimentés sous la tension, les deux premiers potentiomètres sont réglés de façon à fournir des tensions égales lorsque les deux moteurs absorbent tous deux leur puissance nominale;

5° En vue d'obtenir que les puissances entre les deux groupes conservent entre elles un rapport constant, les deux premiers potentiomètres sont réglés de façon à fournir des tensions qui soient entre elles dans le rapport inverse des puissances des moteurs correspondants;

6° En vue de réaliser l'équilibrage des puissances entre deux groupes comportant des moteurs alimentés sous des tensions différentes, les deux premiers potentiomètres sont réglés de façon à fournir des tensions qui soient entre elles dans le rap-

port direct des tensions d'alimentation des moteurs correspondants;

7° La source auxiliaire de tension alternative est constituée par deux des phases du réseau alimentant les moteurs;

8° Les sources auxiliaires de tension continue sont constituées par des ensembles redresseur-transformateur connectés sur le réseau d'alimentation des moteurs;

9° Le dispositif est appliqué à l'équilibrage des puissances absorbées par plusieurs moteurs entraînant un même convoyeur à chaîne.

Société anonyme dite :
COMPAGNIE GÉNÉRALE D'ÉLECTRICITÉ.

Par procuration :
F. CORBETTL.

